UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

CENTRO DE ENGENHARIAS

curso de ENGENHARIA CIVIL UFPel

CAVITAÇÃO

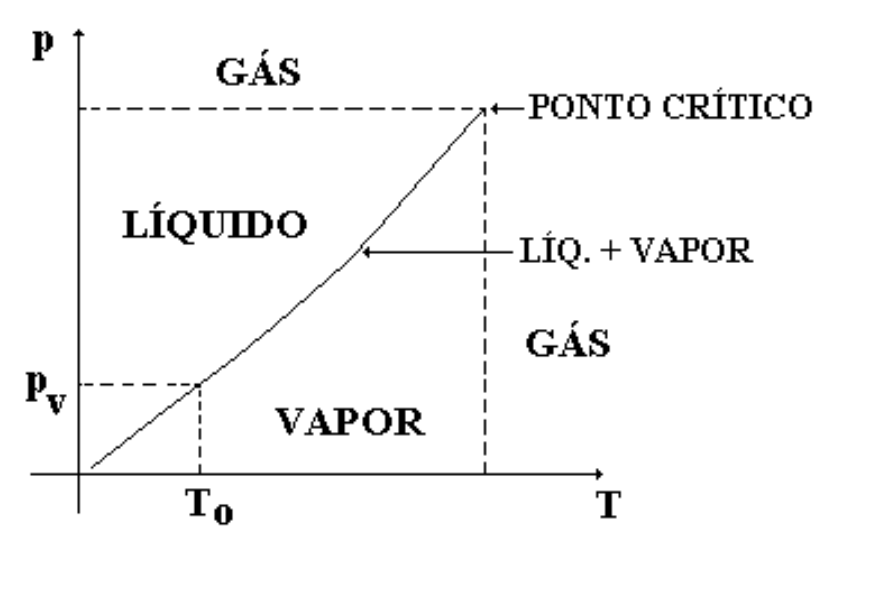
Prof. Hugo Alexandre Soares Guedes
E-mail: hugo.guedes@ufpel.edu.br
Website: wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/

CAVITAÇÃO: ALTURA DE INSTALAÇÃO DAS BOMBAS

- Fenômeno observável somente em líquidos, não ocorrendo sob quaisquer condições normais em sólidos ou gases.

- Comparação ebulição x cavitação

- Pressão de vaporização da água, a uma dada temperatura, é aquela na qual o fluido coexiste nas fases líquida e vapor.



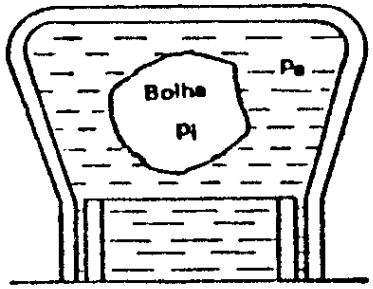
OCORRÊNCIA DA CAVITAÇÃO

- Caso a pressão absoluta na entrada da bomba seja menor ou igual a pressão de vapor do líquido, na temperatura em que este se encontra, pode-se ter os seguintes efeitos:

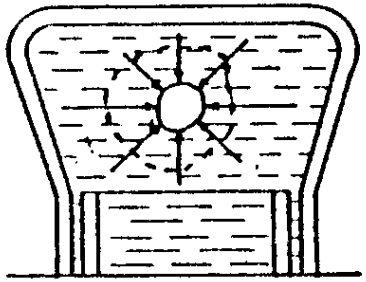
- Formação de bolha de vapor capaz de interromper o escoamento.

- Implosão das bolhas de vapor (colapso das bolhas), responsável pelos dois distintos efeitos da cavitação (efeitos químico e mecânico).

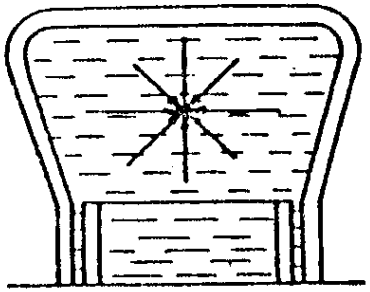
OCORRÊNCIA DA CAVITAÇÃO



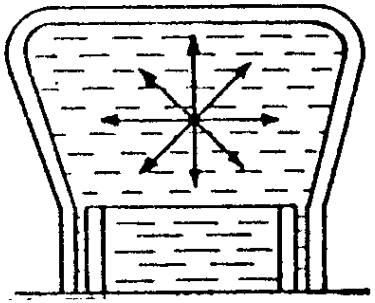
— parede da carcaça
— parede do rotor
— $p_e > p_i$, a bolha vai condensar-se.



— com a condensação das bolhas, a água circundante acelera-se no sentido centrípeto.



— condensada a bolha, as partículas aceleradas cortam umas o fluxo das outras (GOLPE DE ARÍETE).



— com o golpe de aríete, surge uma onda de sobrepressão que se propaga em sentido contrário e que golpeia com violência as paredes mais próximas do rotor e carcaça, danificando-as.

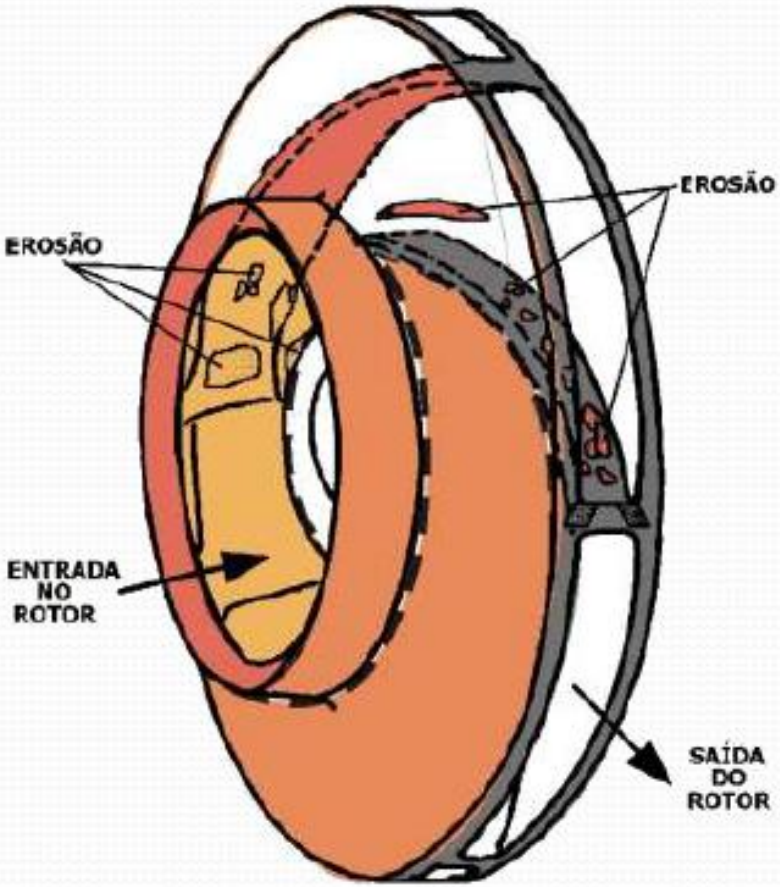
OCORRÊNCIA DA CAVITAÇÃO

- Sempre que a pressão em algum ponto de uma bomba ou turbina atinge o limite crítico (pressão de vapor), as condições de funcionamento tornam-se precárias e as máquinas começam a vibrar.

- Os efeitos da cavitação transmitem-se para as estruturas próximas, reduzindo o rendimento e podendo causar sérios danos materias às instalações.

- A cavitação contínua causa degradação de partículas do metal.

OCORRÊNCIA DA CAVITAÇÃO



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

ALTURA MÁXIMA DE SUCÇÃO DAS BOMBAS

- Pressão absoluta do líquido na entrada da bomba deve ser superior à pressão de vapor, à temperatura de escoamento do líquido.
- Altura de sucção máxima teórica = 10,33 m.c.a.
  - Patm = 1 atm = 10,33 m.c.a. (nível do mar)
  - $p_1^{ab} = 0$ (vácuo perfeito)
  - γ (4ºC) = 1000 kgf/m^3
- Altura de sucção máxima prática = 5 m.c.a.
  - Patm < 1 atm
  - $p_1^{ab} \geq p_v$
  - T > 4ºC

ALTURA MÁXIMA DE SUCÇÃO DAS BOMBAS

Tabela 11.1 — Alturas máximas de sucção*

Altitude m	Pressão atmosférica mca	Limite prático de sucção, m
0	10,33	7,60
300	10,00	7,40
600	9,64	7,10
900	9,30	6,80
1 200	8,96	6,50
1 500	8,62	6,25
1 800	8,27	6,00
2 100	8,00	5,70
2 400	7,75	5,50
2 700	7,50	5,40
3 000	7,24	5,20

*Importante: A altura de sucção admissível para um determinado tipo de bomba depende de outras condições, devendo ser verificada em cada caso

Fonte: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto, 2010.

NPSH DISPONÍVEL NA INSTALAÇÃO E NPSH REQUERIDO PELA BOMBA

- **NPSH** - Net Positive Suction Head:
  - Energia disponível na sucção, ou seja, carga positiva e efetiva na sucção.
- **APLS** - Altura Positiva Líquida de Sucção

  Altura de Sucção Absoluta

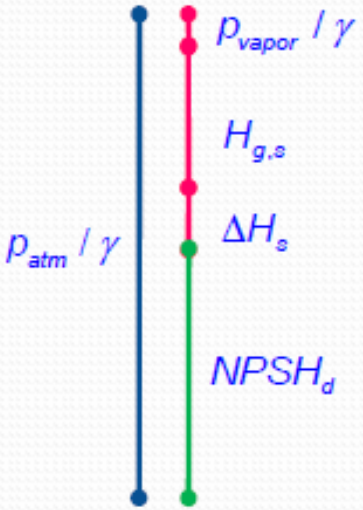
  Altura que Limita o Desnível de Sucção da Bomba

- **NPSH requerido:** característica hidráulica da bomba, fornecida pelo fabricante.
- **NPSH disponível:** característica das instalações de sucção, que se pode calcular.

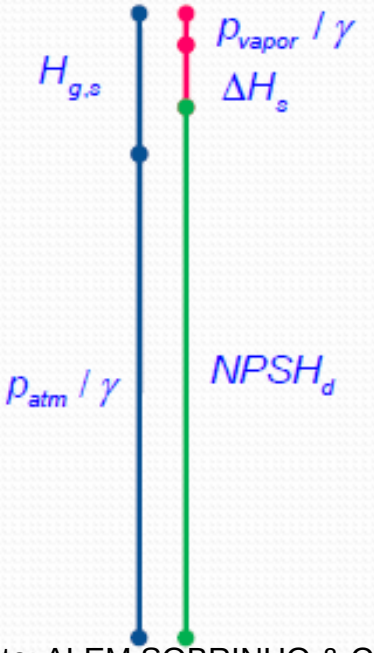
CAVITAÇÃO X NPSH

$$NPSH_d = \frac{p_{atm}}{\gamma} - \frac{p_{vapor}}{\gamma} - H_{g,s} - \Delta H_s$$

bomba não afogada ($H_{g,s}>0$)



bomba afogada ($H_{g,s}<0$)



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

CAVITAÇÃO X NPSH

Pressão de vapor da água em função da temperatura

T (°C)	Pv/γ (m H_2O)	Observações
0	0,062	T = temperatura Pv/γ = altura equivalentede coluna de água
2	0,072	
4	0,083	
6	0,095	
8	0,109	
10	0,125	
15	0,174	
20	0,238	
25	0,323	
30	0,433	
40	0,752	
50	1,258	
60	2,031	
80	4,827	
100	10,332	

Pressão atmosférica em função da altitude

h (m)	Patm/γ (m H_2O)	Observações
0	10,33	h = altitude Patm/γ = altura de coluna de água equivalente a pressão atmosférica
300	9,96	
600	9,59	
900	9,22	
1200	8,88	
1500	8,54	
1800	8,20	
2100	7,89	
2400	7,58	
2700	7,31	
3000	7,03	

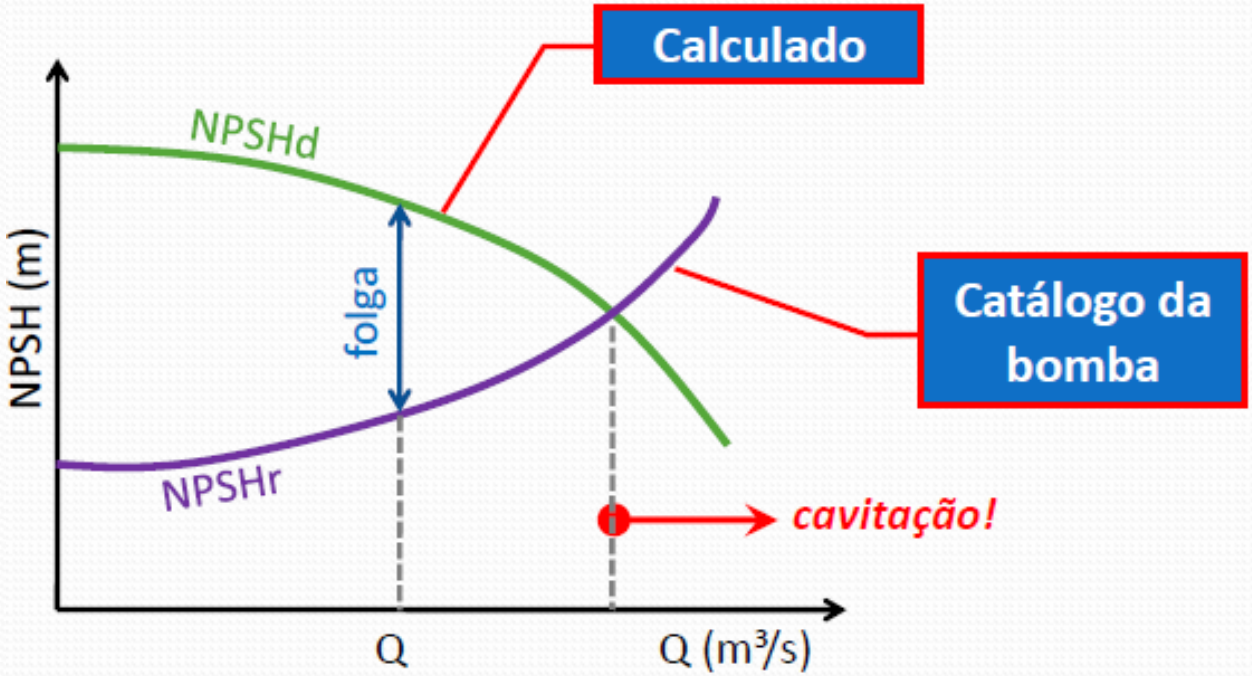
Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

CAVITAÇÃO X NPSH

- Condição para funcionamento da bomba **<u>sem cavitação</u>**

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

- **<u>Na prática</u>**: Folga mínima: 0,5 m ou 20% (melhor acima 1,5 m ou 35%)



Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)

MEDIDAS DESTINADAS A MINIMIZAR O APARECIMENTO DE CAVITAÇÃO

- Trabalhar sempre com líquidos frios ($<T \Rightarrow <p_v$).
- Tornar a linha de sucção a mais curta e reta possível, para diminuir a perda de carga.
- Selecionar o diâmetro da tubulação de sucção de modo que a velocidade não ultrapasse 2 m/s.
- Usar redução excêntrica na entrada da bomba para evitar a formação de bolsas de ar.
- Instalar a válvula de pé de forma a evitar a sucção de ar.

Fonte: ALEM SOBRINHO & CONTRERA (2013)